

臭氧杀虫

解析 DDT 抗药性的机制

为了控制昆虫以及它们所带来的疾病，农民们一直依赖各种杀虫剂，但许多杀虫剂对人体具有高度毒性。同时，昆虫的抗药性也越来越强。寻找一种有效的替代杀虫技术至关重要。目前，普渡大学的昆虫学副教授 Linda Mason 及其同事正在研究臭氧作为一种替代技术的可能性。

据美国农业部资料：昆虫对美国储备的小麦的危害每年达高 5 亿美元；Purdue 大学农业系估计全世界粮食在储存过程中由于虫害所造成的损失约占 5%~10%，在有些国家损失可达 50%。谷蠹、赤拟谷盗、谷锈状甲虫等害虫不仅吞食大量储粮，还将粪便排泄在谷物上，损害粮食品质，引发真菌和霉菌的污染，如镰刀菌 (*Fusarium*) 和曲霉菌 (*Aspergillus*)。镰刀菌污染可引起食管癌和食源性毒性白细胞减少症 (*alimentary toxic aleukia, ATA*) 等疾病，曲霉菌所产生的黄曲霉毒素可导致癌症，并损害大脑、肝、肾等器官。

臭氧一直被用来净化自来水，农业生产用它来保护易腐烂的食物、消毒生产设备、水以及包装材料。其使用的数量还是浓度都不会对环境造成影响，因为氧气是臭氧唯一的分解产物。

Mason 及其同事装了 3 箱小麦，用 50 ppm 的臭氧处理 30 天，结果发现 92%~100% 的常见的储粮害虫和表面真菌都被杀死了。该研究还发现，目前粮食储存过程中所使用的商业通风系统足以将臭氧扩散到所有谷物表面。后来对玉米、爆米花、大米和大豆等其他谷物的研究也得出了近似的结果，并没有损害粮食的口味及营养价值。该研究发表于去年的《食品贮藏研究杂志》(*Journal of Stored Products Research*) 杂志。

全球粮食问题中心科研小组的负责人 Dennis Avery 认为，虽然任何具有良好环境效应的粮食储存方法都是受欢迎的，但同时也存在一些潜在的问题。任何一种气态熏蒸法都存在的问题，是在那些真正需要粮食保护的国家，其储存设施的设计不能防止臭氧泄漏。(Mason 表示反对，因为储存系统不要求气密储藏)，Avery 补充说：“也就是说，我想任何使我们能够防治粮食害虫，同时还能将对人类的危害降至最低，并且产生抗药性的风险较低的方法，都是非常受欢迎的”。

—Lance Frazer

译自 EHP 112:A160 (2004)



储粮新法：臭氧可能成为谷锈状甲虫等储粮害虫的终结者。

虫媒对杀虫剂的抗药性是一个重要的全球性卫生问题。全世界有 40% 的人口受到由按蚊所传播的疟疾的威胁，而携带这些疟疾杆菌的虫媒对 DDT 的抗药性越来越强。发表在 2002 年 9 月 27 日的《科学》(*Science*) 杂志的一篇科研论文指出：至少在某些果蝇品系如 *Drosophila melanogaster* 中，单个基因的过度转录可导致低至中度 DDT 抗药性的产生。

研究人员采用生物芯片技术检测了全部 90 个 P450 基因的活性，这些基因主要参与调控包括化学解毒在内的代谢功能。他们集中研究了两株 *D. melanogaster* 果蝇，发现不仅 DDT 抗性与 P450 基因 *Cyp6g1* 的过度表达相一致，而且这种表达上调还导致了对另外两种同样针对 *Cyp6g1* 基因区域的杀虫剂的抗药性。

研究人员对两个 DDT 抗性果蝇株进行了测序，发现其突变形式相同，即均在 *Cyp6g1* 基因上游插入了 *Accord* 转位因子 (该因子是可迅速插入新基因组特定区域的小 DNA 片段)。这种上游基因的插入可影响下游基因的转录频率，继而影响解毒酶的生成量。他们还发现这种插入存在于来自不同地区的 20 种 DDT 抗性果蝇株中。科研小组成员之一 Tom Wilson (科罗拉多州立大学昆虫学家) 解释说，最为可能的情况是，抗药性的产生起源于“多年前的单个基因突变事件”，随后在全球广泛传播。

研究人员通过插入一个由热休克驱动因子控制的 *Cyp6g1* 基因拷贝，从而使一个易感的果蝇株对 DDT 产生了抗药性。暴露于热刺激后，这些果蝇株 *Cyp6g1* 基因的转录率是非转基因果蝇株的 100 倍，并对 DDT 产生了抗药性。研究小组认为这一结果意味着“*Cyp6g1* 基因的过度表达是引起 P450 介导的 DDT 抗药性产生的必要和充分的条件。”

但是加州大学进化和生态学助理教授 David Begun 评论认为虽然对于所构建的该转基因果蝇来说 *Cyp6g1* 基因的表达上调是 DDT 抗药性产生的充分条件，但他并不同意实验显示 *Cyp6g1* 基因表达的上调是对 DDT 抗药性的必要条件。他说：“这一研究很可能仅揭示了 DDT 抗性部分机制的某一方面。”

Mayo 临床癌症中心的助理教授 Amy H. Tang 在对高抗药性的 *D. melanogaster* 果蝇株的研究中发现，在 *Accord* 片断插入的同一上游位置插入一个反转座子，也可以上调 *Cyp6g1* 基因的表达。然而，当 Tang 利用缺失该反转座子的重组体进行实验时却发现，尽管象预计的那样缺失 *Cyp6g1* 基因的表达上调，但该实验株仍然表现出高度的 DDT 抗药性。

Tang 同意 *Cyp6g1* 基因的表达上调可导致低至中等程度的 DDT 抗性，同时她也认为在她所研究的株系中，*Cyp6g1* 基因的表达上调显然不是引发 DDT 高度抗药性的必要条件。她说：“更为可能的是，单单解毒酶本身的过量表达并不足以导致我们所观察到的 DDT 高度抗药性。我们的实验结果提示除了 P450 解毒酶以外，DDT 抗药性的产生存在多种机制。”

—Anne M. Rosenthal

译自 EHP 111:A272 (2003)